# 红黄壤的长石风化\*

罗家贤 包梅芬

(中国科学院南京土壤研究所,210008)

#### 摘 要

研究了玄武岩和花岗岩发育的红壤和山地黄壤的长石风化,认为长石在土壤中的风化受 气候因素和母质来源的双重影响,因而支配着它在不同粒级中的分布。两种母质发育的红黄 壤中,各种长石的抗风化顺序是 Na 长石≥K 长石>Ca 长石。

长石是一种较难风化的矿物,但各种长石之间的抗风化程度不同,从它们的变化可以 反映出土壤的风化强度。此外,即使在同一剖面内,因土壤温度及其它条件的差异,淋 溶强度的影响,亦能使不同的长石富集于不同的土层。土壤的砂粒和粉砂粒普遍存在长 石<sup>[9]</sup>。Makumbi 和 Jackson 指出<sup>[6]</sup>,在强烈风化的赤道带,泥质岩发育的土壤,其长石全 部被风化,演变成三水铝石和高岭石。Jackson 等的研究也表明<sup>[6]</sup>,波多黎岛高度风化的 土壤也几乎不含长石,粘土矿物以高岭石和三水铝石为主。

随着长石的风化,除了为土壤提供 K、Na、Ca、Al、Si 等元素外,其矿物性质的变化也 影响到土壤性质。就目前已有的文献看,多数是考虑长石风化的最终产物与土壤性质的 关系,很少提到长石在风化过程中,于剖面内的分布以及不同长石的风化度与土壤性质的 关系。本文试图从玄武岩和花岗岩发育的红壤和山地黄壤中的长石风化,阐明这些土壤 的风化程度,抗风化度不同的长石在不同土壤中的变化,以及它们的变化与气候条件和土 壤条件的关系。

### 一、研究材料和方法

土壤样本:(1)玄武岩发育的红壤,采自广东徐闻,福建漳浦和浙江顿县,这些土壤发育的母岩均 在上新世和更新世之间形成;(2)花岗岩发育的红壤,采自广东广州,江西铅山和安徽黄山;(3)花岗 岩发育的山地黄壤,采自广东阳春,江西铅山(在武夷山北面)和安徽黄山。上述土壤的母岩——花岗岩 均系燕山期运动所形成。 这里的每一组样本的先后顺序是按纬度从南到北排列,风化强度逐渐减弱。 样本经用稀 HCl 去钙和 H.O. 去除有机质后,分离出 <2 微米, 2-10 微米和 10-50 微米各粒级<sup>11</sup>。 用焦硫酸钠熔溶法<sup>13</sup>和 HF-HClO. 法溶解样本,溶解液的 K+和 Na+由火焰光度计测定,Ca<sup>++</sup>由原子 吸收光谱测定。根据 Kiely 和 Jackson 提供的方法<sup>13</sup>计算出土壤中各种长石的含量。

<sup>\*</sup> 本文是国家自然科学基金课题的研究成果之一。在整个研究过程中得到国家自然科学基金委员会的大力 责助。在此道表致谢。

## 二、玄武岩发育的红壤的长石风化

这种土壤的长石分布见表 1。在<2 微米的粒级中,各种长石含量都很低,K长石和 Ca 长石除在个别土层外只有 1gkg<sup>-1</sup> 左右,Na 长石在徐闻土壤也很低,漳浦土壤略有 增加,嵊县土壤的 B 层以上增加更为明显些。在 2—10 微米粒级中,风化弱的嵊县红壤含 各种长石比在<2 微米的粒级中高得多,特别是 Na 长石和K长石。徐闻和漳浦土壤中, K、Ca 长石比在<2 微米的粒级中略有增加,Na 长石增加又更明显些。Na 长石在三个 土壤剖面中都较 K和 Ca 长石高,表明长石在风化过程中,细粉砂部份开始富集 Na 长石, 但在风化弱的嵊县土壤中,K长石也富集了相当量。从玻利维亚的土壤研究<sup>11</sup>证实,粉砂 中的长石含量比在粘粒中高,并且在许多情况下,其含量随土壤剖面的深度变化而发生明 显变化。本研究认为,在风化强或较强的土壤中,粉砂中的长石含量变化与剖面深度变化 不明显,而在风化较弱的土壤中却有明显变化,而且表层含量高,这与 Fedoroff 等阐明

土壤	地点	深度 (cm)	K长石 K-Fel	Na 长石 Na-Fel	Ca 长石 Ca-Fel	K长石 K-Fel	Na 长石 Na-fel	Ca 长石 Ca-fel	K长石 K-fel	Na 长石 Na-fel	Ca 长石 Ca-Fel
Soil	Locality	Depth	<2µm			2-10µm			10-50µm		
		0-10	0.2	0.4	<0.1	0.6	1.5	0.6	+	1.1	0.7
	广东	10-20	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	1.1	0.8	+	1.0	0.7
<b>2年411日</b>	144.057	25-45	0.1	0.1	0.1	1.8	1.1	1.1	+	1.8	0.7
A ST off	HP-1767	60	<0.1	0.1	<0.1	0.5	0.9	0.6	+	2.2	0.7
		110-120	<0.1	0.2	<0.1	0.4	0.9	0.4	+	3.9	0.5
		021	<0.1	0.2	<0.1	0.6	3.5	0.5	33.4	28.5	6.6
	福建	2155	0.1	0.8	0.1	0.3	1.3	0.3	2.0	2.7	0.9
乔虹壤	<b>海</b> 油	55 75	0.1	0.9	<0.1	0.2	0.9	0.2	0.8	2.1	0.9
	1 <b>1</b>	75—115	0.1	0.8	<0.1	2.7	2.6	0.2	0.4	1.5	0.8
	浙江	0-11	1.1	6.3	0.2	40.0	51.4	6.6	45.6	74.0	13.4
虹壤	10/10-	1136	0.1	4.3	0.1	19.8	34.6	3.7	35.6	62.2	10.1
	嵊县	3682	<0.1	0.1	0.1	17.7	36.4	4.7	6.1	27.4	7.6

表 1 玄武岩发育的红壤的长石含量 (gkg<sup>-1</sup>)

**Table 1** The contents of feldspars in red soils developed from basalt  $(gkg^{-1})$ 

+ 为极微量。Fel == Feldspar.

的粗粒的长石和铁镁矿物在 A, 层崩解, 富集在粉砂粒级中<sup>131</sup>是一致的。在 10—50 微米 的粒级中,风化强的砖红壤含长石很低,风化稍弱的赤红壤,表层含的各种长石都比在 2—10 微米的粒级中明显增加,但在其他层的含量没多大差异。风化较弱的嵊县红壤中, 所有的长石含量均比其他土壤显著增加。从上述 2—50 微米粒级的长石含量可见,它在 粉砂级的富集情况是,对风化强的土壤,主要为 Na 长石,对风化较弱的土壤,各种长石均 趋向明显富集。 h.

29 卷

## 三、花岗岩发育的红壤的长石风化

以表 2 看出, <2 微米的粒级中各种长石含量都低, 广州赤红壤不到 1g kg<sup>-1</sup>, 铅山红 壤为 0.3-6g kg<sup>-1</sup>, 黄山红壤为 2-9g kg<sup>-1</sup>。 从风化强度不同的土壤和剖面内各层的长 石含量可知, 不管是花岗岩或玄武岩发育, 红壤粘粒的长石很低,每一剖面内各层之间的 含量差异也不大。在 2-10 微米粒级中, 长石的含量显然比在 <2 微米的粒级中高得多, 但风化较强的广州赤红壤表现不太明显。在风化稍弱的铅山红壤和较弱的黄山红壤中, K 长石和 Na 长石显著增加,达 27-84g kg<sup>-1</sup>, Ca 长石有所增加, 但只有 2-8g kg<sup>-1</sup> 之间, 表明 K、Na 长石倾向于富集这一粒级, Ca 长石仍受明显风化,这种趋势与玄武岩发育 的红壤是相同的。10-50 微米粒级中, 广州赤红壤的 K 长石几乎消失, 说明在较强风化的 土壤中, 粉砂级的 K 长石也遭严重风化。但在风化稍弱的铅山和较弱的黄山红壤中, K 长 石显著增加,达 14-93g kg<sup>-1</sup>, Na 长石更明显, 达 22-150g kg<sup>-1</sup>, Ca 长石也有增加。由 此可见, 花岗岩发育的红壤中, 各种长石在风化强的土壤到较弱的土壤时,也趋向于在粉 砂级富集, 然而风化速率却不同, Ca 长石风化最快, 其次是 K 长石, Na 长石较慢。在风 化较弱的丹麦土壤, 砂粒和粉砂粒含 K 长石 100-200g kg<sup>-1</sup>, Na 长石 150-300g kg<sup>-1</sup>, Ca 长石较少<sup>m</sup>, 也说明各种长石的风化与本研究所得的结果相近。

-					_		_				
土壤	地点	深度 (cm)	K长石 K-Fel	Na 长石 Na-Fel	Ca 长石 Ca-Fel	K长石 K-Fel	Na 长石 Na-Fel	Ca 长石 Ca-Fel	K长石 K-Fel	Na 长石 Na-Fei	Ca 长石 Ca-Fel
Seil Locality		Depth	<2µm		$2 - 10 \mu m$			10—50µm			
		0-15	0.1	0.1	0.1	0.6	1.1	0.4	+	1.9	0.9
赤 <b>红壤</b>	广东	15-35	0.1	0.1	0.1	0.8	2.1	0.8	+	1.7	0.7
	广州	35—200	0.1	0.8	0.1	0.2	0.7	0.3	+	1.5	0.6
		>200	0.1	0.5	0.1	0.2	0.5	0.6	+	0.7	v <b>.2</b>
	भ स्त	0-10	0.3	2.3	0.3	43.3	49.0	4.3	33.4	39.2	2.5
红壤		10-35	0.3	4.8	0.5	41.8	40.8	4.1	21.6	34.4	2.0
	铅山	35-200	0.4	5.8	0.6	27.0	27.8	2.7	14.2	22.2	0.8
	安徽	0-12	2.1	8.5	1.7	69.6	84.1	8.4	92.7	150.1	4.3
红壤	黄山	12-50	1.8	7.8	0.8	41.5	58.5	2.0	87.6	124.4	10.3

表 2 花岗岩发育的红壤的长石含量 (g kg<sup>-1</sup>) Table 2 The contents of feldspars in red soils developed from granite (g kg<sup>-1</sup>)

+ 为极微量 Fel = Feldspar。

### 四、花岗岩发育的山地黄壤的长石风化

本文研究的山地黄壤均在海拔 930 米以上,其风化强度比红壤要弱得多,因此长石含量也比红壤高。从表 3 可以看出,其主要表现为:(1) 在 <2 微米的粒级中, K、Ca 长石之间的含量较接近, Na 长石的含量虽然较多,但在各地黄壤之间,除极个别土层外,其差距都不太大,这反映出在较高海拔地区之间,各种长石的风化速率相差并不很大。(2) K

长石的含量在粉砂级中高,而且在粗粉砂的一般比在细粉砂的高。海拔 1400 米的阳春黄 壤,粗粉砂的K 长石达 104--217g kg<sup>-1</sup>,在细粉砂中则为 47--85g kg<sup>-1</sup>,海拔 1200 米的 铅山黄壤,粗粉砂的K 长石为 38-90g kg<sup>-1</sup>,在细粉砂为 24--78g kg<sup>-1</sup>。海拔 930 米的黄 山黄壤,粗粉砂的K 长石较前二者的黄壤低,而在细粉砂中与它们较接近。(3) 粉砂级中, 阳春黄壤的 Na 长石低于K 长石,而铅山和黄山黄壤的 Na 长石均高于K 长石。(4) Ca 长石的风化仍然很明显,在粉砂级的含量均在 9g kg<sup>-1</sup> 以下。

表 3 花岗岩发育的山地黄壤的长石含量 (g kg<sup>-1</sup>)

Table 3 The contents of feldspars in mountain yellow soils developed from granite(g kg<sup>-1</sup>)

土壤 Soil	地点 Locality	深度 (cm) Depth	K长石 K-Fel	Na 长石 Na-Fel	Ca 长石 Ca-Fel	K长石 K-Fel	Na 长石 Na-Fel	Ca 长石 Ca-Fel	K长石 K-Fel	Na 长石 Na-Fel	Cs 长石 Ca-Fel
				< 2µm			<i>2</i> -10μm	_	_	10->0μt	<b>D</b>
		0-10	5.2	17.0	1.0	84.5	11.7	0.9	130.0	33.9	1.4
山地	广东	13-22	3.8	13.6	1.1	85.2	9.7	0.6	216.6	30.8	1.4
黄壤	阳春	45-60	5.3	12.2	1.1	52.9	6.7	0.3	177.2	26.5	1.3
		70-80	0.4	0.6	0.1	47.4	5.3	0.4	103.6	32.1	0.8
此地	江西	0 - 50	2.6	14.6	2.0	78.4	83.8	5.4	89.9	110.6	9.1
مغدة بالطو	A17 1	50-100	2,5	10.5	1.4	49.3	74.6	6.9	72.4	74.0	6.1
黄壤	船山	100 - 200	2.8	14.2	2.7	24.2	40.1	4.5	38.1	57.9	5.2
		n—14	2.7	11.6	1.6	84.2	99.9	4.4	70.0	170.1	6.8
山地	安徽	1429	1.8	10.9	1.3	59.9	71.9	3.8	68.8	166.3	5.1
黄壤	黄山	29 - 56	2.7	19.5	1.2	36.8	60.2	2.1	46.2	86.0	3.1
		56-75	1.7	10.9	0.8	22.7	39.3	1.3	14.2	44.8	2.5

Fel = Feldspar

## 五、长石风化的特点

1. 气候和母质因素产生的特点 长江以南热带和亚热带的低丘和平原地区,气温和雨量都较高,土壤均受到较强的风化,因此长石残留在粘粒部份不多。从粉砂级看,土壤

表 4 剖面内(不含母质层)粉砂级长石在热带和亚热带土壤的分布(g kg-1)

Table 4 Distribution of feldspar of silt size in soil profiles (excluding parent material horizon) located in tropics and subtropics (g kg<sup>-1</sup>)

土 壤	热带	南亚热带 South	中亚热带 Mid	北亚热带 North
Soil	Tropics	subtropics	subtropics	subtropics
玄武岩发育的红壤	5.1	23.5	165.7	-
	(4.1-6.5)	(5.1-73.1)	(99.9-231)	}
花岗岩发育的红壤		4.1	137	366.8
(		(2.2-6.1)	(94.7-171.7)	(324.3-409.2)
花岗岩发育的黄壤	-	265.3	276.8	291.9
ĺ		(179.6-344.3)	(170-377 <b>.2</b> )	(154.8-449.4)

括号内的数字为变幅值。

剖面内(不含母质层)的长石含量变化,可从表 4 看出,随着气候带的北移,土壤中的长石 增加。但发育母质的不同,这种增加情况也不同,花岗岩发育的红壤,在南亚热带地区含 长石很低,平均值仅 4g kg<sup>-1</sup>,到中亚热带突然增加,在北亚热带继续猛增,平均值高达 367g kg<sup>-1</sup>。玄武岩发育的红壤在热带地区含长石也很低,从热带到亚热带地区增加也不 太多,到中亚热带地区便突然剧增。山地黄壤的增加却是较缓,在南北亚热带之间的差异 不很突出。从这些情况可以看出,在低丘和平原地区,长石的风化是从中亚热带土壤中开 始明显减弱,而在海拔较高的山地黄壤,长石风化的气候带性却不如红壤明显。

2. 长石在粘粒和粉砂级分布的特点 根据玄武岩和花岗岩发育的系列红壤和山地 黄壤剖面内各层长石的含量,统计得表5可以看出,红壤的长石含量在 <2 微米部份很 少,在 2—10 微米部份有较明显的增加,但平均值也在 57g kg<sup>-1</sup> 以下,在 10—50 微米中 虽又有增加,但不太显著。山地黄壤却不同于红壤,在<2 微米部份的长石虽然也低,但 高于红壤,平均值为 18g kg<sup>-1</sup>,在 2—10 微米和 10—50 微米部份增加更显著,平均值分 别为 105 和 173g kg<sup>-1</sup>。红壤的长石含量在粘粒和粉砂粒中不很高,表明受风化后大部份 长石已变成高岭石或三水铝石等矿物。山地黄壤的长石因受较弱风化,大部份仍停留在 粉砂和砂粒中。加拿大学者曾报道过,较寒冷的法罗群岛土壤,因风化弱,粉砂和砂粒中 含长石在 100-800g kg<sup>-1</sup> 之间<sup>[8]</sup>。可见,土壤风化是影响各粒级长石分配的重要原因。

表 5 剖面中(不含母质层)粘粒和粉砂级的长石分布(g kg<sup>-1</sup>)

yellow soil profiles (excluding parent material horizon) (g kg <sup>-1</sup> )							
土 Soil 集	<2µm	2-10µm	10—50µ <b>m</b>				
<b>玄武岩发育</b> 的红壤	2.0	20	31				
1	(0.3-7.0)	(2-98)	(2-133)				
花岗岩发育的红壤	5.0	57	72				
	(0.3-12)	(1-162)	(1-247)				

18

(1-23)

105

(53-189)

173

(59-249)

 Table 5 Distribution of feldspar of clay and silt size in red soil and mountain yellow soil profiles (excluding parent material horizon) (g kg<sup>-1</sup>)

#### 括号内的数字为变幅值。

花岗岩发育的黄壤

3.长石在剖面内的分布特征 由表1至3可以看出,<2 微米粒级中的长石在每个剖面内的分布没有明显差异,在砖红壤和赤红壤中2-10 微米以及徐闻砖红壤和广州赤红壤的10-50 微米的粒级中也是如此,表明细粒级的长石在剖面内均受到较强风化,特别是在风化强列的土壤中。在2-50 微米的粉砂粒级中,除徐闻砖红壤和阳春山地黄壤外,长石在剖面内的分布有随着深度的增加而减少的趋势,这可能是在这些土壤中较难风化的长石残留在剖面的上层,而其他较易风化的矿物由于淋溶等作用而往剖面下面迁移所造成。</p>

4. 长石种类表现出的特点 在热带和亚热带地区,表土细砂级以下的各种长石变 化见表 6。Ca 长石风化最严重,在土中的残留量很低,一般在 50g kg<sup>-1</sup> 以下,Na 长石和 K长石在这些土壤中要比 Ca 长石高得多,而 Na 长石和 K 长石之间,可能在有些土壤 中 K 长石高于 Na 长石,但总的来看, Na 长石高于 K 长石,这在表 1 至 3 的粘粒和粉砂粒

#### 表 6 热带和亚热带地区表展土壤的各种长石含量(g kg⁻¹,<250 微米)

able 6	The contents of feldspars in surface soils located in tropics
	and subtropics( gkg <sup>-1</sup> ,<250 micron)

土 填 Soil	K 长 石 K-Fel	Na 长石 Na-Fel	Ca 长石 Ca-Fel
玄武岩发育的红壤	49	87	18
	(10-100)	(20-210)	(2-50)
花岗岩发育的红壤	55	107	15
	(30-90)	(30-190)	(450)
花岗岩发育的黄壤	167	209	40
	(100-210)	(250-300)	(30-50)

#### 括号内的数字为变幅值。

т

级中也能反映出来(阳春黄壤的粉砂级除外)。因此可以认为,它们之间的风化强度是 № 长石≥K 长石≫Ca 长石。长石的风化是先从双晶带和结晶带开始,并且含二阶阳离子的 晶带先破坏,其后才是一价离子的晶带,因此 Ca 长石比其它长石易受风化。

#### 参考文献

- [1] 熊毅等编著,1985:土壤胶体,第二册,第一章。科学出版社。
- [2] Berndt-Michael and Wolfgang Zech, 1987: Mineralogies of silt and clay fraction of twelve soil profiles in the Bolivan Andes. Geoderma, 39: 193-208.
- [3] Fedoroff, N., Dekimpe, C. R. and Bourbeau, G., 1977: Lálteration des mineraux primires en milieu pod2olique en France atlantiqe et Québec. Catena, 4: 29-40.
- [4] Jones, R. C., Hudnall, W. H. and Sakai, W. S., 1982: Some highly weathered soils of Puerto Rico, 2. Mineralogy. Geoderma, 27: 75—137.
- [5] Kiely, P. V. and Jackson, M. L., 1965: Quartz, feldspar, and mica determination for soils by sodium pyrosulfate fusion. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 29: 159-163.
- [6] Makumbi, M. N. and Jackson, M. L., 1977: Weathering of Karroo argillite under equatorial conditions. Geoderma, 19: 181-197.
- [7] Per Nornberg, 1980; Mineralogy of a podzol formed in sandy materials in Northern Denmark. Geoderma, 24: 25-43.
- [8] Rutherford, D. K. and Debenham, P. L., 1981: The mineralogy of some silt and clay fraction from soils on the Faeroe Islands. Soil Sci., 132: 288-299.
- [9] Somasiri, S. and Huang, P. M., 1971: The nature of k-feldspar of a chernozemic soil in the Canadian prairies, Soil Soc. Am. Proc., 37: 461-464.

ŧ

1

### FELDSPAR WEATHERING OF RED AND YELLOW SOILS

Luo Jiaxian and Bao Meifen

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing, 210008)

#### Summary

The weathering degree of feldspar in 3 sets of profiles of red and yellow soils was studied.  $\ln < 2$  micron fractin of red soils derived from basalt, the content of feldspar is  $< 6g kg^{-3}$ . in 2-10 micron fraction, Xuwen laterite and Zhangpu lateritic red earth contain <4 g kg<sup>-1</sup> feldspar; however, Chengxian red earth contains  $<7g \text{ kg}^{-1}$  Ca feldspar, and other feldspars are 18-51g kg<sup>-1</sup>. In 10-50 micron fraction, besides Chengxian red earth still contains more feldspar, K and Na feldspars in surface horizon of Zhangpu lateritic red earth are> 29g kg<sup>-1</sup>. For red soils derived from granite, the contents of feldspars in <2 micron fraction are similar to that of red soils derived from basal! In 2-10 micron fraction, Guangzhou lateritic red earth contains < 2g kg<sup>-1</sup> K and Na feldspars, Qianshan red earth 27-49g kg<sup>-1</sup>, Huangshan red earth 42-84g kg<sup>-1</sup>, but the content of Ca feldspar for all the soils is less than 8g kg<sup>-1</sup>. The contents of feldspars in 10-50 micron fraction are similar to that in 2-10 micron fraction, but the amounts of K and Na feldspars in Qianshan and Huangshan red earths are higher. In <2 micron fraction of mountain yellow soils derived from granite, K and Ca feldspars are less than 5g kg<sup>-1</sup> and Na feldspar is usually more than 10g kg<sup>-1</sup>; in 2-10 micron fraction, Ca feldspar is less than 7g kg<sup>-1</sup>, but K and Na feldspars are 5–100g kg<sup>-1</sup>; in 10–50 micron fraction, Ca feldspar is less than 9g kg<sup>-1</sup>, K feldspar varies greatly between 14-217, and Na feldspar changes from 31 to 170g kg<sup>-1</sup>.

Feldspar weathering is obviously affected by climatic and parent material factors. From the tropics to the subtropics, temperature and rainfall decline relatively and the content of feldspar in clay fraction is very low with little difference among various soils, however, the feldspar in silt fraction increases from the tropics to the subtropics. In red soils derived from basalt, the amount of feldspar increases slightly from the tropics to the south subtropics, but it increases greatly in the mid subtropics; in red soils derived from granite, it is very low in the south subtropics but also increases sharply in the mid subtropics. The content of feldspar in mountain yellow soils derived from granite increases gently from the south subtropics to north subtropics. Distribution of feldspar is different among various fractions.  $\ln < 2$  micron fraction, the content of feldspar is about 18g kg<sup>-1</sup> in mountain yellow soils, but < 5g kg<sup>-1</sup> in most of other soils. The silt fraction of red soils and yellow soils is rich in feldspar, usually with a feldspar content of 20-173g kg<sup>-1</sup>. The distribution of feldspar in horizons within the same soil profile is not quite different in clay fraction, but clear difference exists in silt fraction. However, feldspars in silt fraction from Xuwen laterite and guangzhou lateritic red earth profiles are seriously weathering, and their contents do not change too much; in most other profiles, the amount of feldspar tends to decrease with the increase of profile depth. According to the present study on feldspar distribution in the three sets of soil profiles, the feldspar resistace to weathering is in the following order: Na feldspar  $\geq K$  feldspar  $\gg$  Ca feldspar.